



TUGAS AKHIR - TE 141599

***AUTOMATIC GAIN CONTROL* PADA AUDIO AMPLIFIER
BERDASARKAN JARAK PENDENGAR**

Daniel Dova Nurvarianto
NRP 07111240000016

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

DEPATERMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TE 141599

***AUTOMATIC GAIN CONTROL* PADA AUDIO AMPLIFIER
BERDASARKAN JARAK PENDENGAR**

Daniel Dova Nurvarianto
NRP 07111240000016

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE 141599

**AUTOMATIC GAIN CONTROL ON AUDIO AMPLIFIER
BASED ON AUDIENCE'S DISTANCE**

Daniel Dova Nurvarianto
NRP 07111240000016

Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

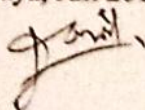
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "*Automatic Gain Control* pada Audio Amplifier berdasarkan Jarak Pendengar" adalah benar-benar hasil karya intelektual sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya orang lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Daniel Dova Nurvarianto
NRP. 0711124000016

-halaman ini sengaja dikosongkan-

AUTOMATIC GAIN CONTROL PADA AUDIO AMPLIFIER BERDASARKAN JARAK PENDENGAR

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing,



Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
NIP. 196904261994031003



-halaman ini sengaja dikosongkan-

AUTOMATIC GAIN CONTROL PADA AUDIO AMPLIFIER BERDASARKAN JARAK PENDENGAR

Nama : Daniel Dova Nurvarianto
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

ABSTRAK

Amplifier pada umumnya memiliki gain yang hanya dapat diubah secara manual. Hal ini menjadi masalah saat kita menginginkan level suara output yang tetap meskipun jarak pendengar berubah. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah amplifier dengan gain yang dapat berubah-ubah secara otomatis sesuai dengan jarak pendengar. Pada penelitian ini telah dirancang dan dibuat sebuah amplifier yang gain-nya mampu berubah secara otomatis menyesuaikan level output suara berdasarkan jarak pendengar. Di sistem ini digunakan amplifier kelas B karena memiliki efisiensi yang tinggi. Lokasi di bagian pendengar dilengkapi dengan mikrofon sebagai sensor suara dan rangkaian level detector yang akan mengestimasi level audio yang diterima pendengar yang diimplementasikan dalam mikrokontroler arduino nano. Sinyal ini akan dikirim ke bagian amplifier utama melalui wireless communication NRF24L01. Sinyal tersebut kemudian diterima di bagian amplifier utama untuk mengatur penguatannya dengan menggunakan sistem pembagian tegangan dan rangkaian demultiplexer. Volume sistem amplifier ini dapat diatur dalam empat kondisi, yaitu 0,1%, 1%, 10%, dan 100%. Sistem amplifier ini diharapkan mempermudah pengguna untuk memperoleh level suara yang konstan secara otomatis yang tidak bergantung jarak, sehingga dapat meningkatkan kenyamanan pendengar dan efisiensi daya listrik yang digunakan.

Kata kunci: Amplifier, Daya, decibel, Jarak, Penguatan

-halaman ini sengaja dikosongkan-

AUTOMATIC GAIN CONTROL ON AUDIO AMPLIFIER BASED ON AUDIENCE'S DISTANCE

Name : Daniel Dova Nurvarianto
Supervisor : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T

ABSTRACT

Generally amplifier has gain that can only be set manually. This lead to a problem when we want the output sound level to be constant eventhough the audience's distance changes. Because of that an amplifier with gain that can be set automatically is needed. In this research an amplifier with gain that can be set automatically with relation to audience's distance has been designed and made. A class B amplifier is used because of it's high efficiency. In the audience we set a microphone as sound sensor and level detector circuit which will estimate audio level that is received by audience. This signal is sent to the main amplifier using nRF24L01 module. This signal then is used to control gain using voltage divider and demultiplexer. This amplifier's volume can be set in four conditions: 0,1%, 1%, 10%, and 100%. This amplifier is to be expected to ease user to get a constant audio level automatically independent to the audience's distance, so it can elevate audience's comfort dan power efficiency.

Keywords: Amplifier, Decibel, Distance, Gain

-halaman ini sengaja dikosongkan-

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul “*Automatic Gain Control* Pada Audio Amplifier Berdasarkan Jarak Pendengar” tepat pada waktunya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung pengerjaan penelitian ini tanpa mengurangi rasa terima kasih kepada Allah, diantaranya:

1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, inspirasi, pengarahan dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian.
2. Ir. Tasripan, M.T., Dr.Eng. Ir. Totok Mujiono, M.Kom., Dr. Astria Nur Irfansyah, S.T., M.Eng. dan Fajar Budiman, S.T., M.Sc. sebagai dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran dan rekomendasi untuk penelitian penulis.
3. Rekan – rekan Laboratorium Elektronika 202, Laboratorium Elektronika Industri 402 dan teman – teman e-52 yang telah banyak membantu dalam pengerjaan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih belum sempurna dan masih banyak hal yang perlu diperbaiki. Saran, kritik dan masukan baik dari semua pihak sangat membantu penulis terutama untuk pengembangan lebih lanjut.

Penulis berharap agar penelitian ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya pada bidang musik dan audio.

Surabaya, Juli 2018

Daniel Dova Nurvarianto

-halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR ISI

	HALAMAN
PERNYATAAN KEASLIAN	i
PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi Penelitian	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
1.7. Relevansi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Gelombang Suara.....	5
2.2. Amplifier kelas B	6
2.3. <i>Sound Level Meter</i>	6
2.4. Mikrofon Elektret.....	7
2.5. Demultiplexer	8
2.6. <i>Analog to Digital Converter</i>	10
2.7. Sistem Kontrol PID (Propotional-Integral-Derivative)	10
2.8. Arduino Nano.....	11
BAB III PERANCANGAN SISTEM.....	13
3.1. Diagram Blok Sistem	13
3.2. Perancangan Perangkat Keras	14
3.2.1. Arduino Nano	14
3.2.2. Sensor Suara	15
3.2.3. Modul <i>Wireless Communication</i>	16
3.2.4. Demultiplexer	17
3.2.5. I2C LCD 16x2	17
3.2.6. Amplifier	18
3.3. Perancangan Perangkat Lunak	19

3.3.1.	Pembacaan Sensor Suara dan Konversi ke Desibel	19
3.3.2.	Komunikasi Nirkabel Antar Arduino	19
3.3.3.	Penentuan Input Demultiplexer	19
3.3.4.	Perancangan Sistem Keseluruhan	19
BAB IV	PENGUJIAN DAN ANALISIS	23
4.1.	Pengujian Sensor Suara	23
4.2.	Pengujian Tampilan LCD	24
4.2.	Pengujian Amplifier	25
BAB V	PENUTUP	29
5.1.	Kesimpulan	29
5.2.	Saran	29
DAFTAR PUSTAKA		31
LAMPIRAN		33
BIODATA PENULIS		35

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1. Rangkaian dasar ampliflier kelas B	6
Gambar 2.2. <i>Sound Level Meter</i>	7
Gambar 2.3. Tampak depan mikrofon elektret	8
Gambar 2.4. <i>1-to-4 channel</i> demultiplexer	9
Gambar 2.5. Aplikasi demultiplexer untuk mengatur penguatan <i>op-amp</i>	9
Gambar 2.6. Ilustrasi ADC	10
Gambar 2 7. Diagram blok PID	11
Gambar 2.8. <i>Board</i> Arduino Nano	12
Gambar 3.1. Diagram blok sistem.....	13
Gambar 3.2. <i>Pinout</i> diagram Arduino Nano.....	15
Gambar 3.3. <i>Pinout</i> sensor suara DFR0034	15
Gambar 3.4. Rangkaian <i>peak detector</i> sederhana	16
Gambar 3.5. Modul nRF24L01	17
Gambar 3.6. Rangkaian Demultiplexer	17
Gambar 3.7. Modul I2C LCD	18
Gambar 3.8. Rangkaian ampliflier yang digunakan	18
Gambar 3.9. Diagram alur keseluruhan	21
Gambar 4.1. Kotak audio ampliflier dan sensor suara	23
Gambar 4.2. Kalibrasi sensor	24
Gambar 4.3. <i>LCD 16x2 display</i>	25
Gambar 4.4. Kondisi 1	26
Gambar 4.5. Kondisi 2	26
Gambar 4.6. Kondisi 3	27
Gambar 4.7. Kondisi 4	27

-halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 1.1. Beberapa Intensitas Suara dengan Contoh Suara	1
Tabel 4 1. Perbandingan nilai ADC sensor suara dengan hasil pengukuran <i>decibel meter</i>	24
Tabel 4.2. Perbandingan antara persentase volume output dengan nilai hambatan yang dirangkai dengan demultiplexer	25

-halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Audio amplifier adalah bagian penting dalam sebuah acara yang membutuhkan *sound system*. Di acara seperti itu dibutuhkan sistem amplifier yang baik supaya pendengar atau peserta acara dapat mendengar pembicara dengan jelas. Namun, berbeda tempat acara, berbeda pula *setting* amplifiernya. Semakin semakin jauh jarak antara pembicara dan pendengar, maka *gain* dari audio amplifier yang digunakan juga harus semakin tinggi. Demikian juga sebaliknya, semakin dekat jarak antara pembicara dan pendengar, semakin rendah pula *gain* yang dibutuhkan. Hal ini berpengaruh pada efisiensi daya amplifier itu sendiri. Bila *gain* diatur terlalu tinggi dari yang dibutuhkan, maka ada daya yang terbuang percuma. Sedangkan bila *gain* terlalu rendah, maka amplifier tidak akan bekerja secara optimal. Selain itu, pengaturan *gain* yang kurang sesuai juga akan mempengaruhi apa yang akan didengar pendengar. Pengaturan *gain* yang terlalu rendah akan menyebabkan pendengar tidak dapat mendengar pembicara secara jelas, sedangkan *gain* yang terlalu tinggi akan menyebabkan kebisingan dan dapat mengganggu pendengaran. Suara dengan intensitas lebih dari 85dB dapat merusak pendengaran manusia jika didengarkan secara terus-menerus. Sedangkan suara dengan intensitas lebih dari 120dB dapat secara langsung memberikan dampak negatif pada pendengaran.

Tabel 1.1. Beberapa intensitas suara dengan contoh suara di kehidupan sehari-hari

Intensitas Suara (dB)	Contoh Suara
10	Orang bernafas
30	Bisikan
40	Suasana perpustakaan
60	Percakapan Normal
73	<i>Vacuum cleaner</i>
95	Bor elektrik
120	Petir

Maka dari itu diperlukan sebuah mekanisme yang dapat mengatur perubahan *gain* amplifier secara otomatis, sesuai dengan intensitas suara yang didengar oleh pendengar. Intensitas suara yang didengar diatur

untuk tidak melebihi 85dB agar tidak menyebabkan dampak negatif ke pendengaran.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat sistem yang mampu membaca intensitas suara
2. Bagaimana membuat sistem dapat mengubah *gain* amplifier berdasarkan hasil pembacaan intensitas suara.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian pada penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Mendeteksi intensitas suara keluaran audio amplifier.
2. Mengubah gain amplifier secara otomatis sesuai dengan hasil pembacaan intensitas suara.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Amplifier yang digunakan adalah amplifier mono
2. Rentang suara yang dideteksi hanya 60 dB

1.5. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dikerjakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian teori-teori dasar yang mendukung untuk penyelesaian tugas akhir. Teori-teori dasar dapat didapatkan dari jurnal ilmiah, buku, dan sumber internet terpercaya.

2. Perancangan dan Pengujian Pre-Amp dan Power Amp

Pada tahap ini dilakukan pembuatan pre-amplifier dan power amplifier dan akan diuji apakah bisa bekerja dengan baik.

3. Perancangan dan Pengujian Rangkaian *Sound Level Meter*

Pada tahap ini dilakukan pembuatan rangkaian *level detector* dan menghubungkannya dengan sensor suara berupa mikrofon. Dilakukan juga pengujian dengan cara membandingkan tegangan

yang terdeteksi di *level detector* dan intensitas suara (dB) yang terdeteksi menggunakan *decibel meter*.

4. Perancangan dan Pengujian *Wireless Communication*

Pada tahap ini dilakukan pembuatan rangkaian komunikasi nirkabel antara rangkaian *level detector* dan amplifier utama. Komunikasi nirkabel antara kedua perangkat ini menggunakan modul *transceiver* NRF24L01. Akan dilakukan pengujian pengiriman data dari satu *transceiver* ke *transceiver* yang lain.

5. Perancangan dan Pengujian Sistem Kontrol

Pada tahap ini dilakukan pembuatan sistem kontrol menggunakan mikrokontroler Arduino dan rangkaian demultiplexer. Penguatan amplifier diatur dengan pembagian tegangan menggunakan nilai hambatan yang berbeda-beda. Pemilihan nilai hambatan ini dipilih menggunakan demultiplexer yang diatur oleh Arduino.

6. Penggabungan dan Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Pada tahap ini, penelitian ini mengintegrasikan modul-modul yang sebelumnya telah dirangkai, mulai dari *pre-amp*, *power amp*, *sound level meter*, *wireless communication*, dan sistem kontrol. Kemudian dilakukan pengujian rangkaian keseluruhan dan pengambilan data.

7. Penyusunan Laporan

Tahap penyusunan laporan merupakan tahap terakhir dari proses pengerjaan penelitian ini. Laporan berisi seluruh hal yang berkaitan dengan penelitian yang telah dikerjakan yaitu meliputi pendahuluan, studi literatur, tinjauan pustaka, perancangan dan pembuatan sistem, pengujian, analisa, serta penutup.

8. Penyusunan Jurnal POMITS

Setelah dibuat buku, hasil dari penelitian tersebut akan ditulis dalam bentuk jurnal POMITS. Hal ini dilakukan untuk mempublikasikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam buku penelitian ini, terdapat lima bab yang akan memaparkan penelitian tersebut dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- Bab I : Pendahuluan
Bab ini terdiri penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika

penulisan, dan relevansi.

- Bab II : Tinjauan Pustaka
Bab ini menjelaskan tentang teori dasar dan penunjang yang dibutuhkan dalam pengerjaan penelitian ini. Teori dasar dan penunjang tersebut antara lain decibel, amplifier, mikrofon elektret, sistem kontrol PID, dan Arduino Nano.
- Bab III : Perancangan Sistem
Bab ini membahas perancangan sistem *automatic gain control* pada audio amplifier, baik *hardware* maupun *software*.
- Bab IV : Pengujian dan Analisis
Bab ini menjelaskan tentang hasil uji coba rangkaian *hardware* secara terpisah dan rangkaian *hardware* keseluruhan beserta *software*-nya serta hasil Analisa dari sistem tersebut.
- Bab V : Penutup
Bab ini membahas kesimpulan terdiri dari kelebihan ataupun kekurangan yang diperoleh dari pembuatan alat serta saran untuk pengembangan alat lebih lanjut.

1.7. Relevansi

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi daya dari audio amplifier dan meningkatkan kualitas suara yang didengar oleh pendengar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas mengenai teori-teori penunjang yang berhubungan dengan keseluruhan sistem audio amplifier yang dibuat pada penelitian tugas akhir ini. Teori-teori penunjang yang dibahas antara lain adalah teori tentang gelombang suara, amplifier kelas B, *sound level meter*, mikrofon elektret, dan demultiplexer.

2.1. Gelombang Suara

Gelombang suara adalah gelombang yang dihasilkan dari benda yang bergetar. Contohnya adalah senar gitar yang dipetik, senar akan bergetar dan getaran ini merambat di udara, air, atau material lainnya. Satu-satunya tempat dimana suara tidak dapat merambat adalah ruangan hampa udara.

Gelombang suara memiliki lembah dan bukit, satu buah lembah dan bukit akan menghasilkan satu siklus periode. Siklus ini berlangsung berulang-ulang, yang membawa pada konsep frekuensi. Lebih jelasnya, frekuensi adalah jumlah dari siklus yang terjadi dalam satu detik. Satuan dari frekuensi adalah Hertz (Hz). Telinga manusia dapat mendengar bunyi antara 20Hz hingga 20KHz, sesuai batasan sinyal audio. 20Hz merupakan frekuensi suara terendah yang dapat didengar, sedangkan 20KHz merupakan frekuensi tertinggi yang dapat didengar.

Gelombang suara bervariasi sebagaimana variasi tekanan media perantara seperti udara. Suara diciptakan oleh getaran dari suatu obyek, yang menyebabkan udara di sekitarnya bergetar. Getaran udara ini kemudian menyebabkan gendang telinga bergetar, yang kemudian oleh otak diinterpretasikan sebagai suara.

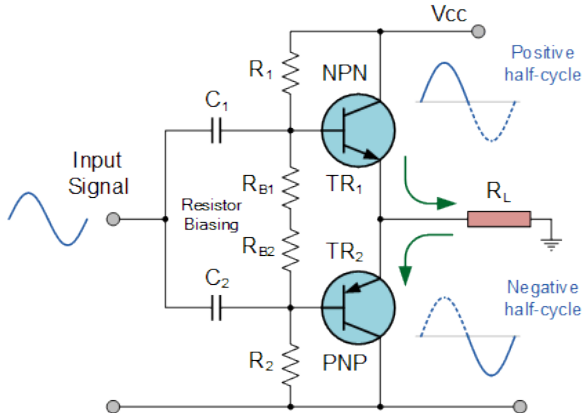
Gelombang suara dapat juga ditunjukkan dalam suatu grafik standar x versus y . Ini memungkinkan untuk memvisualisasikan gelombang dengan sudut pandang matematis, menghasilkan kurva yang dikenal sebagai bentuk gelombang. Gelombang ditunjukkan pada nada konstan frekuensi tertentu. *Noise* dapat didengar dan digunakan sebagai uji atau identifikasi sinyal.

2.2. Amplifier Kelas B

Amplifier kelas B, atau dikenal juga dengan *push-pull* amplifier, adalah desain sirkuit amplifier dengan dua transistor di bagian output, dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi daya dari amplifier kelas A dengan cara mengurangi daya yang terbuang dalam bentuk panas.

Amplifier kelas B menggunakan dua transistor yang berdampingan, satu tipe PNP dan satu tipe NPN. Kedua transistor ini mendapat sinyal masukan dengan besaran yang sama, tetapi dengan fase yang berkebalikan. Hal ini menyebabkan satu transistor memperkuat 180° dari gelombang input, sedangkan satu transistor lain memperkuat 180° gelombang sisanya. Hasil dari kedua transistor ini digabungkan kembali di terminal output.

Keunggulan amplifier kelas B dibandingkan amplifier kelas A adalah tidak adanya arus yang melewati transistor saat keadaan diam, sehingga tidak ada daya yang dikeluarkan transistor output saat tidak ada sinyal. Hal ini menyebabkan efisiensi amplifier kelas B dapat mencapai 70%, yang berarti lebih tinggi dari amplifier kelas A.



Gambar 2.1. Rangkaian dasar amplifier kelas B

2.3. Sound Level Meter

Sound level meter adalah instrumentasi pengukuran yang digunakan untuk menilai level suara dengan cara mengukur tekanan suara. Seringkali disebut juga sebagai *sound pressure level (SPL) meter*, *decibel (dB) meter*, dan *noise meter*. Sound level meter menggunakan mikrofon untuk menangkap suara. Suara yang ditangkap ini lalu

dievaluasi di dalam *sound level meter* dan hasil pengukuran ditampilkan di layar *sound level meter*. Satuan yang sering digunakan di *sound level meter* adalah decibel (dB), walaupun beberapa *sound level meter* juga mengukur level suara kontinyu (Leq) dan parameter akustik lainnya.

Decibel sendiri adalah satuan yang diciptakan oleh pionir telepon, Alexander Graham Bell. Decibel menggambarkan suatu perbandingan atau rasio. Selain digunakan dalam pengukuran intensitas suara, decibel juga digunakan dalam pengukuran daya, tegangan, dan arus.

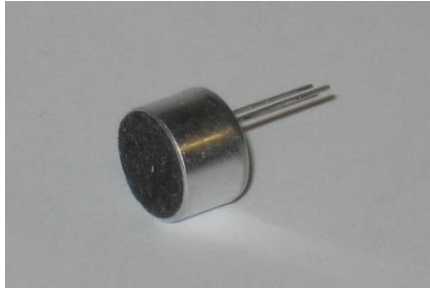
Skala decibel adalah skala logaritmik. Skala logaritmik bekerja dengan cara yang berbeda dari skala di penggaris, yang merupakan skala linear. Di penggaris, jarak 20cm itu dua kali lipat lebih jauh dari jarak 10cm, sedangkan jarak 30cm itu tiga kali lipat lebih panjang. Skala logaritmik decibel naik dengan perbesaran sepuluh kali lipat. Setiap kenaikan 10dB, intensitas suara naik sepuluh kali lipat. Itu berarti 20dB suara itu sepuluh kali lebih kuat dari 10dB, sedangkan 30dB lebih kuat seratus kali lipat. Sehingga 100dB suara sebenarnya satu milyar kali lebih keras dari 10dB suara, tidak sepuluh kali lebih keras.



Gambar 2.2. *Sound Level Meter*

2.4. Mikrofon Elektret

Mikrofon electret adalah mikrofon yang paling sering digunakan saat ini. Setiap telepon genggam dan laptop menggunakan mikrofon jenis ini. Kelebihan dari mikrofon electret adalah respon frekuensi yang sangat lebar (dari 10Hz sampai 30kHz), harga yang murah, ukuran yang sangat kecil, dan sensitivitas yang tinggi. Namun, mikrofon jenis ini juga memiliki beberapa kelemahan, seperti noise dan distorsi yang tinggi, serta respon frekuensi yang tidak konsisten.



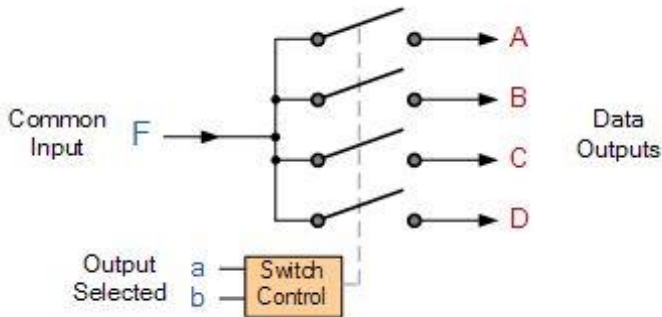
Gambar 2.3. Tampak depan mikrofon elektret

Mikrofon elektret memiliki sumber muatan tersendiri sehingga tidak membutuhkan pencatu daya dari luar. Sumber muatan berasal dari alat penyimpanan muatan yang terbuat dari bahan teflon. Bahan teflon tersebut diproses sehingga mampu menangkap muatan-muatan tetap dalam jumlah besar, lalu mempertahankannya untuk waktu yang tidak terbatas. Lapisan teflon dilekatkan pada plat logam statis dan mengandung muatan-muatan negatif dalam jumlah besar. Muatan-muatan tersebut terperangkap di satu sisi yang menimbulkan medan listrik pada celah yang berbentuk kapasitor.

Getaran suara yang ada mengubah tekanan udara di dalamnya sehingga membuat jarak antara diafragma dan plat logam statis juga berubah-ubah. Hal ini menyebabkan nilai kapasitansi berubah, yang kemudian juga berakibat pada berubahnya tegangan terminal mikrofon.

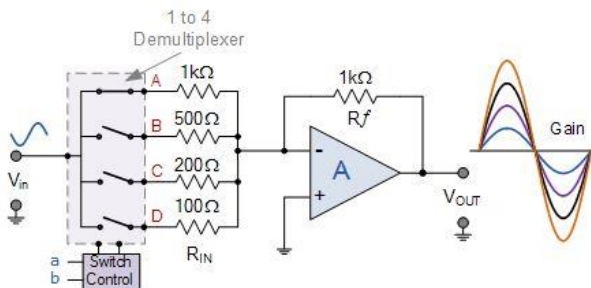
2.5. Demultiplexer

Demultiplexer, atau yang sering disingkat “Demux”, adalah kebalikan dari multiplexer. Demultiplexer mengambil satu *line* data input dan memindahkannya ke salah satu dari beberapa *line* keluaran. Demultiplexer mengkonversi sinyal data serial di input menjadi data paralel di output.



Gambar 2.4. 1-to-4 channel demultiplexer

Contoh demultiplexer di gambar 2.4. memiliki empat output. Fungsi dari demultiplexer itu adalah untuk mengalihkan dari satu *input line* ke salah satu dari empat *output line* A sampai D. Sedangkan *switch individual* dikontrol dari kode biner pin “a” dan “b”.



Gambar 2.5. Aplikasi demultiplexer untuk mengatur penguatan inverting op-amp

Demultiplexer dapat dipakai untuk mengontrol penguatan dari op-amp secara digital. Gambar 2. mengilustrasikan bagaimana cara mengontrol penguatan op-amp secara digital menggunakan demultiplexer. Penguatan tegangan dari inverting op-amp bergantung pada rasio antara resistor input (R_{in}) dan resistor feedback (R_f).

Switch analog dari demultiplexer akan memilih sebuah resistor input untuk mengubah-ubah nilai R_{in} . Kombinasi dari resistor-resistor ini akan menentukan penguatan keseluruhan dari amplifier. Sehingga penguatan dari inverting op-amp seperti pada gambar 2. dapat diatur secara digital cukup dengan memilih kombinasi resistor yang sesuai.

2.6. Analog to Digital Converter

ADC mengubah sinyal analog menjadi representasi digital dari sinyal analog tadi. Sinyal digital ini nantinya akan bisa diolah, dimanipulasi, dikomputasi, dikirim, atau disimpan.

Di banyak kasus, proses konversi sinyal analog ke digital hanyalah satu proses di dalam proses yang lebih besar dimana data yang didigitalkan diolah, lalu dikonversi kembali menjadi sinyal analog untuk mengontrol transducer eksternal. Transducer yang dikontrol di antaranya adalah motor, pemanas, dan pengeras suara.

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila digunakan tegangan referensi 5 volt dan tegangan input 2 volt, maka rasio input terhadap referensi adalah 40%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $40\% \times 255 = 102$ (bentuk desimal) atau 01100110 (bentuk biner).



Gambar 2.6. Ilustrasi ADC

2.7. Sistem Kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*)

Kontroler *Proportional-Integral-Derivative* (PID) merupakan kontroler yang digunakan untuk menentukan ketelitian suatu system instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada system tersebut. Kontroler PID terdiri dari tiga komponen, yaitu komponen Proporsional (P), komponen Integral (I), dan komponen Derivatif (D). Komponen Integral dan komponen Derivatif tidak dapat berdiri sendiri dan selalu dikombinasikan dengan komponen Proporsional.

Persamaan kontroler PID dapat ditulis sebagai berikut.

$$y(t) = (K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}) \quad (2.1)$$

dengan

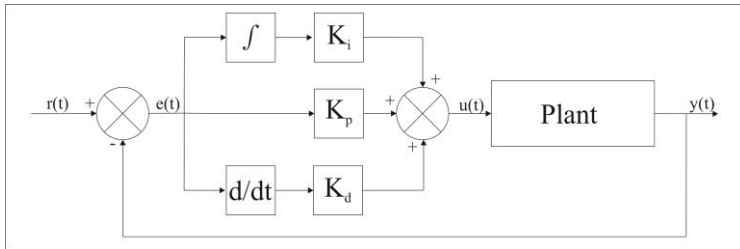
$$K_i = K_p \times \frac{1}{T_i} \quad (2.2)$$

dan

$$K_d = K_p \times T_d \quad (2.3)$$

dimana $y(t)$ adalah output dari kontroler PID, K_p adalah konstanta

Proporsional, T_i adalah konstanta Integral, T_d adalah konstanta Derivatif, dan $E(t)$ adalah selisih antara set point dengan level aktual.



Gambar 2.7. Diagram blok PID

2.8. Arduino Nano

Arduino Nano adalah *development board* mikrokontroler berukuran kecil, lengkap, dan mendukung penggunaan *breadboard*. Arduino Nano memiliki basis chip Atmega328 (untuk Arduino Nano versi 3) atau ATmega168 (untuk Arduino Nano versi 2). Arduino Nano memiliki fungsi yang tidak berbeda dari Arduino Uno. Perbedaan utama dari keduanya adalah tidak adanya *jack power* DC dan penggunaan konektor Mini-B USB pada Arduino Nano.

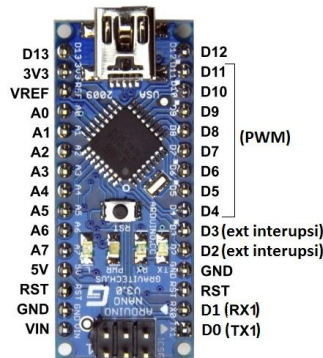
Pemrograman board Arduino Nano dilakukan menggunakan Arduino Software (IDE). Chip Atmega328 yang ada di Arduino Nano telah diisi program awal yang sering disebut *bootloader*. *Bootloader* ini bertugas untuk memudahkan pemrograman menggunakan Arduino Software, tanpa harus menggunakan tambahan *hardware* lain.

Development board Arduino Nano dapat diberi tenaga dari koneksi kabel Mini-B USB atau via *power supply* eksternal. *Power supply* eksternal dapat dihubungkan langsung ke pin 30 atau Vin (*unregulated* 6V-20V), atau ke pin 27 (*regulated* 5V). sumber tenaga akan secara otomatis dipilih tegangan mana yang lebih tinggi. Chip FTDI FT232L pada Arduino Nano akan aktif bila memperoleh daya dari USB. Ketika Arduino Nano diberikan daya selain dari USB, maka chip FTDI tidak aktif dan pin 3.3V tidak akan mengeluarkan tegangan.

Arduino Nano memiliki 14 buah pin digital yang digunakan sebagai input atau output. Pin – pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dapat menyediakan atau menerima arus 20mA, dan memiliki tahanan *pull-up* sekitar 20-50k ohm (secara default dalam posisi *disconnect*).

Arduino Nano juga memiliki 8 buah pin analog yang diberi tanda A0 hingga A7. Masing – masing pin memiliki resolusi 1024 bit. Secara *default*, pin – pin tersebut diukur dari *ground* ke 5V, namun bisa juga menggunakan pin REF.

Arduino Nano dapat berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, maupun dengan mikrokontroler lain selain Arduino. Chip Atmega328 menyediakan komunikasi UART TTL (5V) yang tersedia di pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Chip ATmega328 juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI.



Gambar 2.8. Board arduino nano

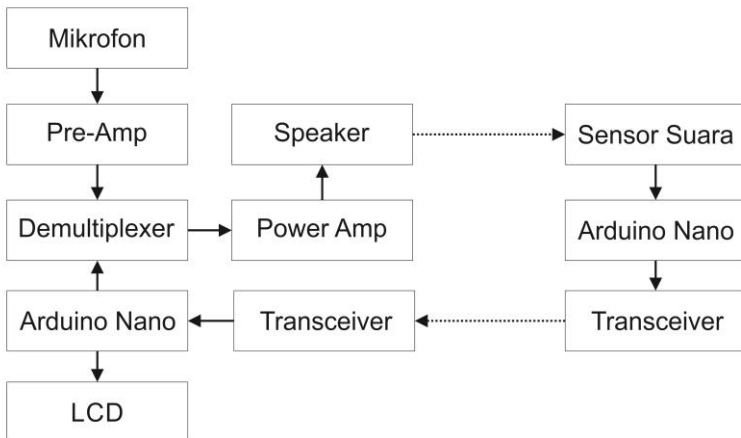
BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Tugas akhir ini memanfaatkan amplifier kelas B sebagai sistem utamanya. Sebuah sensor suara dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Nano, lalu digunakan sebagai *sound level meter* untuk memonitor seberapa keras suara yang terdengar. Digunakan juga demultiplexer yang dikontrol oleh mikrokontroler Arduino Nano, untuk mengatur *gain* amplifier.

Pada awal perancangan sistem, setelah amplifier selesai dirancang, dilakukan kalibrasi sensor suara. Nilai ADC yang terbaca dibandingkan dengan nilai dari decibel meter, setelah itu dicari persamaan untuk mengkonversi nilai ADC menjadi dB. Nilai dB yang didapatkan ini dikirimkan ke mikrokontroler yang ada di amplifier menggunakan modul *wireless communication* nRF24L01. Nilai dB yang telah didapat ini akan diolah kembali untuk mempengaruhi perbesaran output amplifier.

3.1. Diagram Blok Sistem



Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem

Bagian-bagian pada blok diagram di atas terdiri dari:

- (1) Mikrofon
Sinyal masukan sistem ini dapat berasal dari mikrofon maupun instrumen lain, selama menggunakan kabel dengan jack 3,5mm.
- (2) *Pre-Amplifier* dan *Power Amplifier*
Pre-amp dan *power amp* berfungsi untuk menguatkan sinyal masukan dari mikrofon sebelum nantinya diteruskan ke speaker.
- (3) Demultiplexer
Demultiplexer berfungsi untuk mengatur gain amplifier.
- (4) Sensor Suara
Sensor terdiri dari mikrofon elektret dan rangkaian *pre-amp*.
- (5) Transceiver
Transceiver berfungsi untuk mengirimkan hasil pembacaan sensor suara ke sistem utama.
- (6) Arduino Nano
Arduino Nano berfungsi untuk mengolah data dari sensor suara dan mengatur keluaran demultiplexer.
- (7) LCD
Modul LCD digunakan untuk menampilkan nilai intensitas suara yang terdeteksi

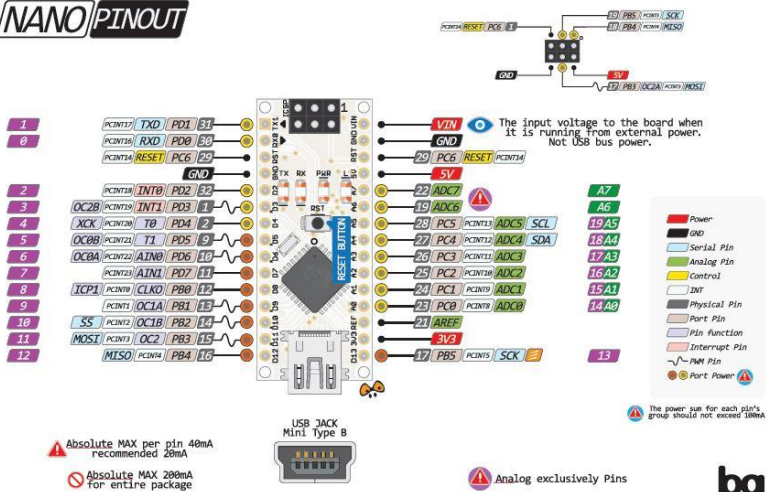
3.2. Perancangan Perangkat Keras

Pada bagian ini dijelaskan komponen-komponen perangkat keras yang digunakan pada sistem amplifier.

3.2.1. Arduino Nano

Pada tugas akhir ini digunakan dua buah mikrokontroler arduino nano. Arduino pertama digunakan untuk membaca level suara dan mengirimkannya ke Arduino kedua. Namun, karena nilai ADC Arduino yang hanya 1024 bit, rentang suara yang dapat dideteksi hanya sebesar 60 dB. Sedangkan Arduino kedua digunakan untuk menerima data kiriman Arduino pertama, menampilkannya di layar LCD, dan menggunakan data itu untuk mempengaruhi output amplifier.

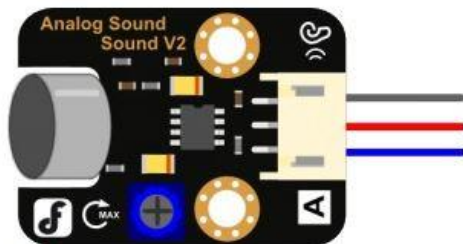
NANO PINOUT



Gambar 3.2. Pinout diagram Arduino Nano

3.2.2. Sensor Suara

Sensor suara yang digunakan adalah modul *analog sound sensor* DFR0034. Modul ini biasanya digunakan untuk mendeteksi kekerasan suara, lalu Arduino dapat mengambil sinyal outputnya dengan meniru interface input. Gambar 3.3. menunjukkan konfigurasi pin dari sensor suara DFR0034.



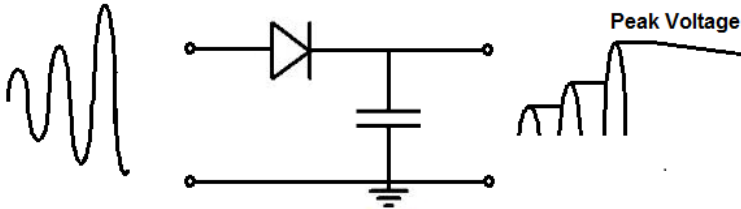
Blue: Analog signal output

Red: VCC

Black: GND

Gambar 3.3. Pinout sensor suara DFR0034

Sensor ini memiliki keluaran sinyal sinusoidal. Oleh karena itu, supaya dapat dideteksi tegangan puncaknya, dibutuhkan rangkaian tambahan, yaitu rangkaian *peak detector*. Rangkaian *peak detector* sederhana terdiri dari sebuah dioda dan kapasitor, seperti pada Gambar 3.4.



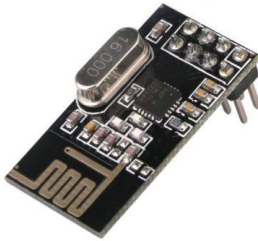
Gambar 3.4. Rangkaian *peak detector* sederhana

Ketika rangkaian *peak detector* diberi tegangan AC, kapasitor terisi hingga puncak gelombang input. Ketika tegangan input mulai turun di bawah “puncak” yang tersimpan di kapasitor, dioda menjadi dalam keadaan *reverse bias*, memblokir aliran arus dari kapasitor menuju input. Hal ini menyebabkan kapasitor dapat mempertahankan nilai tegangan puncak walaupun tegangan input turun sampai nol.

3.2.3. Modul *Wireless Communication*

Modul komunikasi nirkabel yang digunakan di tugas akhir ini adaah nRF4L01. Modul nRF24L01 adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh yang memanfaatkan pita gelombang FR 2.4 GHz ISM. Modul ini menggunakan antarmuka SPI untuk berkomunikasi.

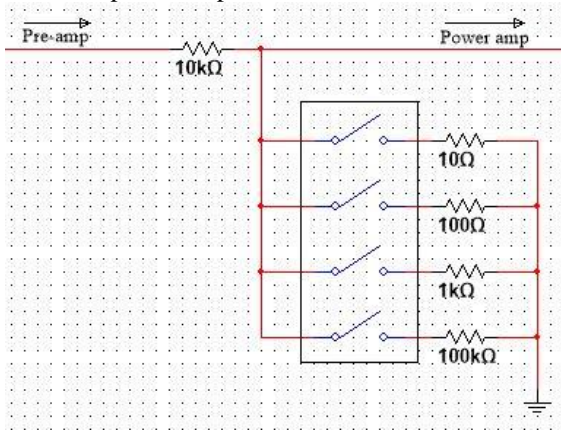
Modul nRF24L01 memiliki baseband logic Enhanced Shockburst™ hardware protocol accelerator yang support “high-speed SPI interface for application controller”. nRF24L01 memiliki true ULP solution, yang memungkinkan daya tahan baterai berbulan-bulan hingga bertahun-tahun. Modul ini dapat digunakan untuk pembuatan peripheral PC, alat permainan, dan lain-lain.



Gambar 3.5. Modul nRF24L01

3.2.4. Demultiplexer

Perbesaran output amplifier diatur oleh rangkaian demultiplexer. Demultiplexer dirangkai menggunakan IC *analog switch* 4066. Digunakan pembagian tegangan untuk mengubah keluaran pre-amplifier sebelum memasuki power amplifier.

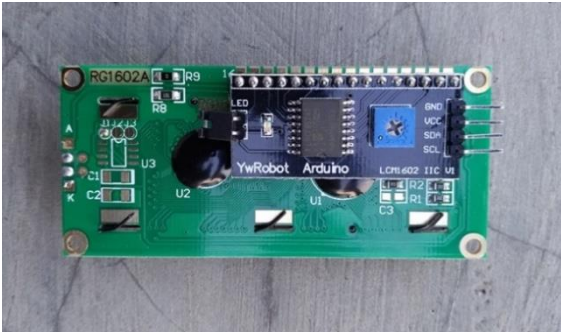


Gambar 3.6. Rangkaian demultiplexer

3.2.5. I2C LCD 16x2

Display yang digunakan di tugas akhir ini adalah LCD 16x2. Normalnya, modul LCD dikendalikan secara paralel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Namun, jalur paralel akan memakan banyak pin di

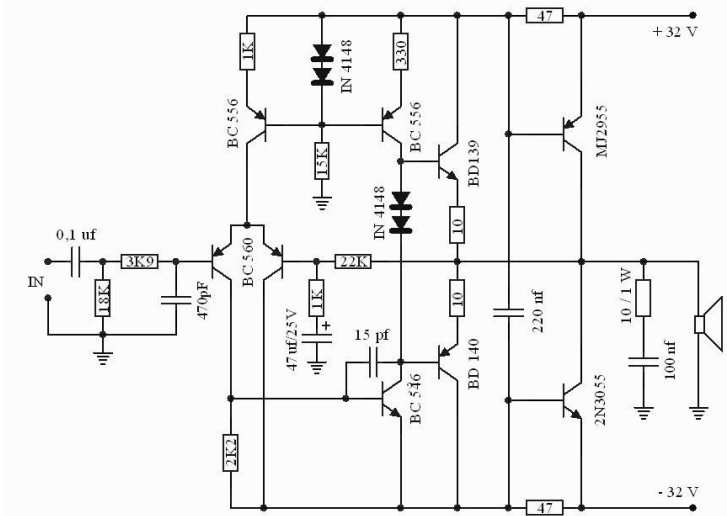
sisi kontroler. Oleh karena itu, ditambahkanlah modul I2C, sehingga LCD dapat dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC. Sehingga tidak dibutuhkan banyak pin untuk mengendalikan sebuah modul LCD.



Gambar 3.7. Modul I2C LCD

3.2.6. Amplifier

Amplifier yang digunakan adalah rangkaian amplifier kelas B dengan sepasang transistor. Berikut ini adalah gambar rangkaiannya.



Gambar 3.8. Rangkaian amplifier yang digunakan

3.3. Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahap ini dilakukan perancangan software untuk memprogram pembacaan nilai ADC sensor suara, konversi nilai ADC yang didapatkan dari sensor suara menjadi decibel, komunikasi nirkabel antar-Arduino, dan penentuan input multiplexer yang akan mempengaruhi volume output amplifier.

3.3.1. Pembacaan Sensor Suara dan Konversi ke desibel

Di tahap ini dilakukan perbandingan antara hasil pembacaan menggunakan sensor suara yang dirancang dengan hasil pembacaan menggunakan aplikasi decibel meter di smartphone. Setelah itu dicari persamaan untuk mengkonversi hasil nilai ADC menjadi dalam bentuk dB.

3.3.2. Komunikasi Nirkabel antar Arduino

Hasil pembacaan sensor suara yang sudah dikonversi ke dalam satuan dB dikirimkan secara nirkabel ke Arduino lain menggunakan modul nRF24L01.

3.3.3. Penentuan Input Demultiplexer

Data yang diterima lalu digunakan untuk menentukan output demultiplexer mana yang akan dipakai. Di sini akan digunakan 4 bit, sehingga pilihan input yang ada akan ada 16 input.

3.3.4. Perancangan Sistem Keseluruhan

Pengoperasian sistem audio amplifier dilakukan dengan bantuan Arduino Nano sebagai pengolah semua data. Penggambaran cara kerja sistem keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.8.

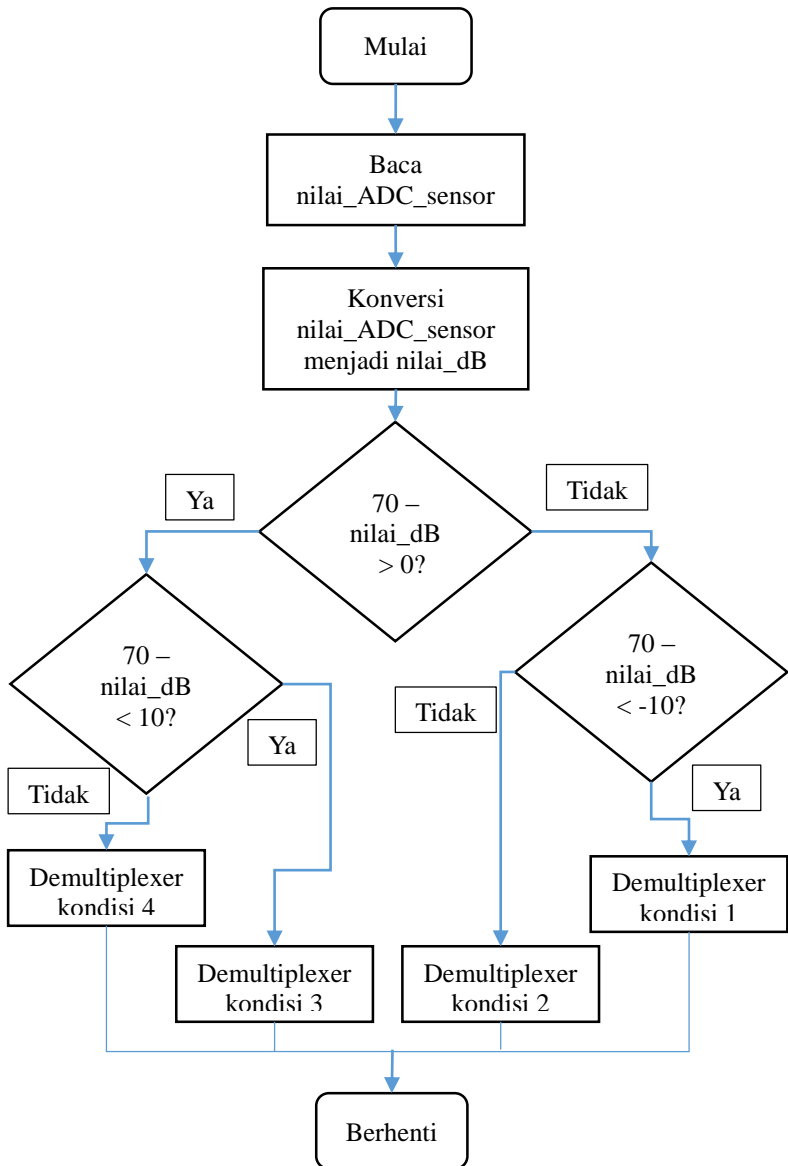
Pada awalnya, saat alat dinyalakan, mikrokontroler Arduino akan membaca nilai ADC dari sensor suara DFR0034. Setelah itu, hasil pembacaan sensor suara tadi dikonversikan ke dalam satuan *decibel*. Hasil pengkonversian ini dibandingkan dengan nilai *set point* yang telah ditentukan sebelumnya.

Penelitian tugas akhir ini memakai 70 decibel sebagai nilai *set point*. Nilai 70dB berada di tengah-tengah antara 60dB dan 85 dB, dimana 60dB adalah intensitas suara untuk percakapan normal, sedangkan 85dB adalah batas bawah nilai intensitas suara yang dapat merusak pendengaran. Oleh karena itu, 70dB merupakan nilai yang cukup ideal sebagai *set point* di penelitian tugas akhir ini.

Ada empat kondisi amplifier dengan empat nilai *gain* yang berbeda-beda juga. Untuk memilih kondisi mana yang akan digunakan, dilakukan perbandingan nilai *set point* dengan hasil pembacaan dari sensor suara.

Jika hasil pembacaan sensor memiliki nilai antara 1dB sampai 10dB lebih besar dari *set point*, maka kondisi 2 akan berjalan. Jika hasil pembacaan sensor memiliki nilai 11dB lebih besar dari *set point*, atau lebih, maka kondisi 1 akan berjalan.

Jika hasil pembacaan sensor memiliki nilai antara 1dB sampai 10dB lebih kecil dari *set point*, maka kondisi 3 akan berjalan. Jika hasil pembacaan sensor memiliki nilai 11dB lebih kecil dari *set point*, atau lebih, maka kondisi 4 akan berjalan.



Gambar 3.9. Diagram alur keseluruhan

-halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas tentang perancangan sistem audio amplifier yang kemudian diuji dan dibahas hasil dari pengujian sistem tersebut. Pengujian dilakukan per bagian komponen alat hingga sistem keseluruhan yang ditunjang dengan gambar dan tabel yang bersangkutan. Pengujian sistem ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Industri, B402, Departemen Teknik Elektro ITS.



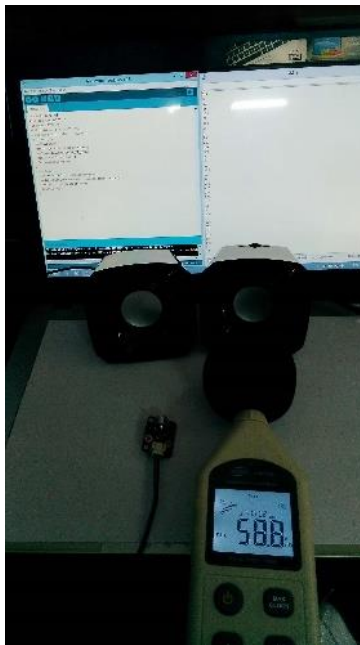
Gambar 4.1. Kotak audio amplifier (kiri) dan sensor suara (kanan)

4.1. Pengujian Sensor Suara

Pengkalibrasian sensor dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran ADC dari sensor suara dengan hasil pengukuran menggunakan decibel meter. Tabel 4.1. menunjukkan perbandingan hasil pengukuran.

Tabel 4.1 Perbandingan nilai ADC sensor suara dengan hasil pengukuran decibel meter

ADC	dB
460	44
508	60
600	63
890	78



Gambar 4.2. Kalibrasi sensor

4.2. Pengujian Tampilan LCD

LCD digunakan sebagai tampilan antar muka satu arah. LCD yang digunakan di penelitian tugas akhir ini adalah *LCD 16x2 Display*. LCD digunakan untuk menampilkan nilai dari hasil pembacaan sensor suara dan kondisi dari demultiplexer yang sedang dijalankan.



Gambar 4.3. LCD 16x2 display

4.3. Pengujian Amplifier

Tabel 4.2. menunjukkan persentase volume output dibandingkan dengan volume maksimalnya. Di sini didapatkan empat kondisi volume yang berbeda, yaitu 0,1%, 1%, 10%, dan 100%.

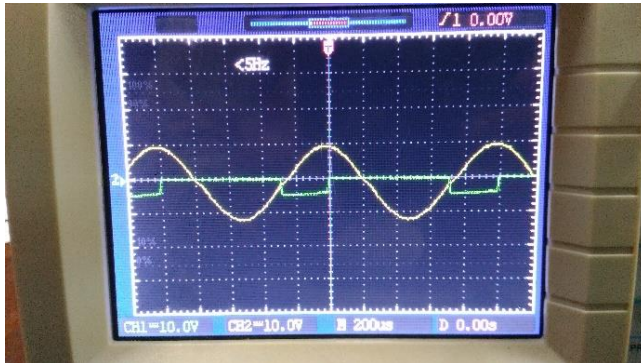
Tabel 4.2. Perbandingan antara persentase volume output dengan nilai hambatan yang dirangkai dengan multiplexer

Kondisi	Hambatan	Persentase Volume Output
1	10	0,1%
2	100	1%
3	10k	10%
4	100k	100%

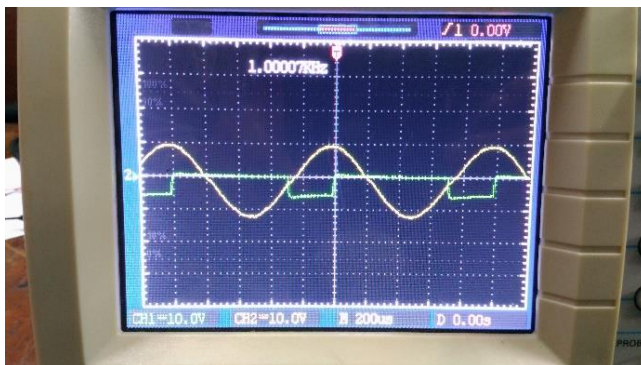
Gambar 4.3., 4.4., 4.5., dan 4.6. menunjukkan perbandingan antara sinyal input dengan sinyal output amplifier dari masing-masing kondisi. Sinyal berwarna kuning merupakan sinyal input amplifier, sedangkan sinyal berwarna hijau merupakan sinyal output amplifier. Terlihat bahwa bentuk sinyal output berbeda dengan bentuk sinyal input. Hal ini menunjukkan adanya distorsi sinyal.

Jika keempat gambar dibandingkan antara satu dengan yang lain, akan terlihat bahwa output kondisi 2 tidak tepat sepuluh kali lipat lebih besar dari kondisi 1. Dengan kata lain, tidak sesuai dengan rancangan awal. Hal ini karena rangkaian demultiplexer ditempatkan di antara *pre-*

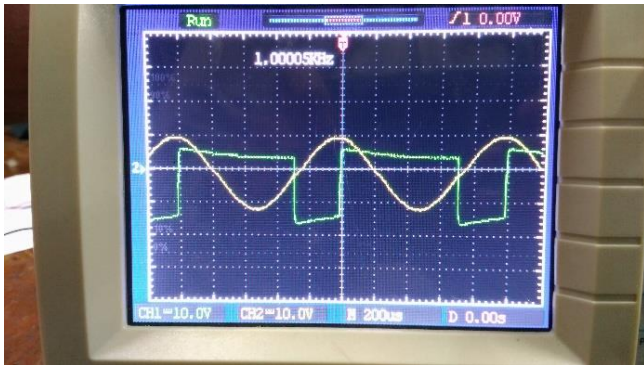
amp dan *power amp*. Sistem akan bekerja seperti desain awal, dimana kondisi 1 memiliki persentase volume output 0,1%, kondisi 2 1%, kondisi 3 10%, dan kondisi 4 100%, jika rangkaian demultiplexer diletakkan setelah *power amp*.



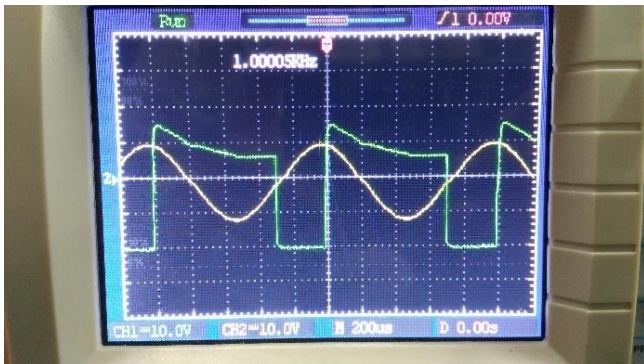
Gambar 4.4. Kondisi 1



Gambar 4.5. Kondisi 2



Gambar 4.6. Kondisi 3



Gambar 4.7. Kondisi 5

-halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun sebuah sistem penguat suara yang terdiri dari rangkaian pre-amp, kontroler proporsional, rangkaian power amplifier, dan rangkaian sound level meter yang diterapkan menggunakan Arduino Nano. Dengan menerapkan pembagian tegangan, kekerasan suara keluaran dapat diatur menjadi empat tingkat, yaitu 0,1%, 1%, 10%, dan 100%. Karena keterbatasan sistem *analog to digital converter* dalam Arduino, rangkaian sound level meter hanya dapat mendeteksi intensitas suara dengan rentang 60dB.

5.2. Saran

Sebagai bentuk pengembangan sistem audio amplifier ini, maka terdapat beberapa saran dari penulis berdasarkan hasil yang diperoleh saat pengujian, yaitu sebagai berikut:

- a. Penggunaan metode lain untuk *sound level meter*, karena keterbatasan pembacaan ADC dari Arduino.
- b. Penggunaan metode pengaturan *gain* secara otomatis yang dapat bekerja secara lebih optimal.

-halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wei Jiang, Qian Lin, Haifeng Wu. "Design and Simulation for a High-efficiency Class-B Power Amplifier". MATEC Web of Conferences 139, 00056 (2017).
- [2] Agung Andri Kurniawan, Muhammad Rivai, dan Fajar Budiman. "Sistem Pemandu Pendaratan pada Balon Udara Berbasis Pengolahan Citra dan Kendali PID". JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2, (2016), hal. A179-184.
- [3] Irfan Fachrudin Priyanta, Muhammad Rivai, dan Rudy Dikariono. "Pemetaan Distribusi Gas Polutan Menggunakan Quadcopter Berbasis Autonomous Waypoint Navigation". JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2, (2016), hal. A154-159.
- [4] Putut Dwi Wijaya, Muhammad Rivai, dan Tasripan. "Rancang Bangun Mesin Pemotong Styrofoam 3 Axis Menggunakan Hot Cutting Pen dengan Kontrol PID". JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 2, (2017), hal. A787-792.
- [5] Jack Connor, Mehdi Seyedmahmoudian, dan Ben Horan. "Using Particle Swarm Optimization for PID Optimization for Altitude Control on a Quodrotor". Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC), 2017, hal. 1-6.
- [6] Nugra Arsyistawa, Muhammad Rivai, dan Suwito. "Aplikasi Wireless Sensor Network Untuk Pembacaan Meteran Air". JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 2, (2017), hal. A807-812.
- [7] M. Dzulkifli S, Muhammad Rivai, dan Suwito. "Rancang Bangun Sistem Irigasi Tanaman Otomatis Menggunakan Wireless Sensor Network". JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2, (2016), hal. A261-266.
- [8] Hendri Maja Saputra, Totok Agung Pambudi, dan Dalmasius Ganjar Subagio. "Rancang Bangun Umpan Balik Eksternal Untuk Kendali Sudut Motor Servo Berbasis Arduino". Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik Vol. 6, No. 2, Desember 2016, hal. 43-48.
- [9] Dikio C. Idoniboyeobu, Chukwuka L. Onita, dan Promise Elechi. "Design and Implementation of an Improved Smoke Detection System". EJECE, European Journal of Electrical and Computer Engineering Vol. 1, No. 3, Desember 2017, hal. 23-30.

-halaman ini sengaja dikosongkan-

LAMPIRAN

Program Sensor Suara

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
RF24 radio(7, 8); // CE, CSN
const byte address[6] = "00001";
void setup() {
    radio.begin();
    radio.openWritingPipe(address);
    radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
    radio.stopListening();
    Serial.begin(9600);
}
void loop() {
    int sensorValue = analogRead(A0);
    radio.write(&sensorValue, sizeof(sensorValue));
    Serial.println(sensorValue);
    delay(100);
}
```

Program Kontrol

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>

LiquidCrystal_I2C lcd (0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
RF24 radio(7, 8); // CE, CSN
const byte address[6] = "00001";

void setup() {
    lcd.begin(16,2);
    lcd.backlight();
    Serial.begin(9600);
}
```

```

pinMode(3, OUTPUT);
pinMode(4, OUTPUT);
pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(6, OUTPUT);
radio.begin();
radio.openReadingPipe(0, address);
radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);
radio.startListening();
}
void loop() {
  if (radio.available()) {
    int sensorValue = {0};
    radio.read(&sensorValue, sizeof(sensorValue));
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(sensorValue);
  }
  digitalWrite(3, HIGH);
  digitalWrite(4, LOW);
  digitalWrite(5, LOW);
  digitalWrite(6, LOW);
}

```


BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Semarang pada tanggal 8 September 1994. Anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD PL Bernardus Semarang, SMP PL Domenico Savio Semarang dan SMA Kolese Loyola Semarang. Setelah menempuh pendidikan di SMA, penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Di Departemen Teknik Elektro ini penulis mengambil Bidang Studi Elektronika. Penulis sempat aktif di dalam kepengurusan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Teknologi Industri dan Keluarga Mahasiswa Katolik (KMK) ITS.

